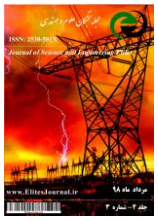
مجله نخبگان علوم و مهندسی

Journal of Science and Engineering Elites

جلد ۴- شماره ۳- سال ۱۳۹۸

www.ElitesJournal.ir



به کارگیری نیلینگ درپایدارسازی گودبرداری زمین های شیبدار جهت بررسی تغییررفتارخاک

پیمان حیدرریحانی

کارشناسی ارشد ژئوتکنیک، دانشگاه آزاد اسلامی مراغه، مراغه، ایران

peymanreyhani46@yahoo.com

ارسال: اردیبهشت ماه ۹۸ پذیرش: تیر ماه ۹۸

چکیده

یکی از موضوعات بسیار مهم در پایداری گودهایی با شیب زمین بالادست بحث نحوه پایدارسازی گود میباشد از میان روش های متداول روش نیلینگ روش بسیار مناسبی می‌باشد زیرا هم کاربرد وسیعی داشته وهم طراحی و تحلیل آن با نرم افزارهای مختلف انجام میگردد . برای این منظور در نرم افزار Plaxis مدلسازی های غیر خطی بر روی مدلهای مختلف انجام شده است همچنین در این پژوهش میزان تغییر شکل هاو پایداری سازه نگهبان در گودبرداری های عمیق و نیمه عمیق با توزیع تنش در نیل ها به روش میخ کوبی در عمق ۲۵ متری در شرایط خاک چند لایه و در حالت اجرای میخ‌خاک‌ها با زاویه ۱۵ درجه و با طول متفاوت۱۵ و ۱۲ و۱۰ و۸ متری مورد بررسی قرارگرفته است. یکی از مهمترین بررسی ها در این پژوهش اثر زاویه شیب خاک بالادست میباشد که به ترتیب با شیب های ۵ و ۱۰ و ۱۵ و ۲۰ درجه مدلسازی ها انجام شده است.

کلمات کلیدی: خاک شیبدار، میخ کوبی، نیلینگ، نرم افزار Plaxis

۱- مقدمه

با گسترش رشد شهرها نیاز به بلند مرتبه سازی و همچنین تامین فضای پارکینگ منجر شده است تا گودبرداری های عمیق و نیمه عمیقی در شهرهای بزرگ انجام گردد یکی از مسائل مهم در گودبرداری های عمیق و نیمه عمیق طراحی سازه نگهبان مناسب و کنترل مقادیر جابه جایی های دیواره گود و خاک پشت گود است.از میان روشهای گوناگون پایداری گود میتوان به روش نیلینگ اشاره نمود این روش جز روشهای متداول بوده و دارای مزایای بسیاری میباشد . افزایش عمق گودبرداری به‌ویژه در مناطق شهری در مجاورت ساختمان ها و معابر اهمیت ویژه‌ای دارد و تأمین پایداری و کنترل جابه جایی های دیواره گود و پشت دیواره باید با دقت بررسی شود.در این شرایط بعضی از روش های پایدار سازی گود قابلیت اجرایی خود را از دست می‌دهند و بر اساس قوانین آئین نامه ای گودبرداری عمیق در شرایطی مجاز است که ایمنی سازه های مجاور را به خطر نیندازد.روش مناسب گودبرداری و پایدارسازی با توجه به جنس خاک، شرایط آب زیرزمینی،عمق و طول گودبرداری،موقعیت و شرایط ساختمان های مجاور،جابه جایی دیواره گود، دائمی و یا موقت بودن سازه،مسئله زلزله، بار دینامیکی ناشی از حرکت

خودرو ها در مجاورت گود و هزینه های اجرای پروژه انتخاب می گردد.طراحی یک سازه نگهبان میخ کوبی بر اساس انتقال نیروی محرک توده خاک به نیلینگ و انتقال این نیروها به توده خاک ایمن است که به پارامترهای متعددی ازجمله روش نصب و روش تزریق و مشخصات خاک و سازه نگهبان بستگی دارد که اساس کار روش میخ کوبی به این شکل است که نیلینگ ها اجراشده و با خاک‌برداری عمق های بیشتر دیواره گود مقداری جابه جایی پیدا می کند که سبب فعال شدن عملکرد نیلینگ می شود.

۲- مروری بر تحقیقات گذشته

مبدأ اصلی روش میخ‌کوبی خاک را می‌تواند سازه نگهبان بکار رفته در حفاری فضاهای زیرزمینی که درروش تونل سازی اتریشی استفاده می‌شود دانست و تدبیر به‌کارگیری آرماتورهای فولادی غیرفعال و شاتکریت در نگهداری شیب‌های سنگی به اوایل دهه ۱۹۶۰ برمی‌گردد. از اولین موارد به‌کارگیری روش میخکوبی خاک، پروژه تعریض راه‌آهن در نزدیکی ورسایلز فرانسه در سال ۱۹۷۲ بود. ازآنجاکه این روش مقرون‌به‌صرفه و سریع‌تر از دیگر روش‌های نگهداری بود، به‌سرعت در فرانسه و دیگر کشورهای اروپایی به کار گرفته شد[۱].

اولین پروژه دیوار خاک میخکوبی شده در آمریکا در سال ۱۹۷۶ مورد بهره‌برداری قرار گرفت. در کشورهای پیشرفته، این روش به دلیل هزینه کمتر و سرعت اجرایی بالاتر به‌سرعت جایگزین روش‌های دیگر نگهداری خاک گردیده است. در اروپا دو مجموعه تحقیقاتی گسترده، درباره خاک میخکوبی شده ثبت‌شده است. اولین مورد آن در اواخر دهه ۱۹۷۰ در دانشگاه کارلس روهه آلمان و دومین مورد در دهه ۱۹۸۰ توسط دولت فرانسه است. در پروژه تحقیقاتی فرانسه، بر روی ۶ دیوار میخ‌کوبی شده در مقیاس واقعی،آزمایش‌های لازم صورت گرفت، تا مبنایی برای تنظیم یک استاندارد درزمینه طراحی و اجرای این نوع سازه‌ها گردد. نتایج این مطالعات نشان می‌دهد که:

-عمل کرد دیوار خاک میخکوبی شده مشابه دیوارهای حائل وزنی است.

-عمق نفوذ لازم هر میخ به داخل خاک معمول در محدوده ارتفاع دیوار قرار دارد.

الیاس و یوران در سال ۱۹۹۰ اثر خزش درازمدت خاک را در کرنش دیوارهای میخکوبی شده بررسی کردند[۲]. تامسون و میلر در ۱۹۹۰ اثر ترکیبی میله‌های فولادی و دوغاب را در عملکرد دیوارهای میخکوبی شده به کمک ابزارهای کرنش‌سنج در پروژه‌ای در واشنگتن بررسی نمودند[۳]. بایرن در سال ۱۹۹۲ اندرکنش خاک- میله را بررسی کرد و مقدار بار حداکثر و محل کرنش ماکزیمم را در پیش‌بینی نمود. در سال ۱۹۹۶ سازمان بزرگراه‌های آمریکا مرجعی در ارتباط با طراحی و ساخت دیوارهای خاک میخکوبی شده منتشر کرد، که خلاصه‌ای از تحقیقات صورت گرفته در آلمان و فرانسه و آمریکا بود. در این مرجع، از روش تعادل حدی برای تحلیل استفاده می‌شود[۴].

بریو و همکاران در سال ۱۹۹۷ مدل خاک مسلح شده در محل تکیه‌گاه‌های پل را شبیه‌سازی کرده و راهکارهایی را ارائه نمودند.ژانگ و همکاران در سال ۲۰۰۲ مدل‌سازی سه‌بعدی دیوارهای خاک میخکوبی شده را به‌منظور پیش‌بینی حرکت خاک در مراحل مختلف اجرای دیوار انجام دادند که نتایج حاصله انطباق مناسبی با مقادیر اندازه‌گیری شده داشت[۵].

چوک و همکاران در ۲۰۰۵ دیوارهای خاک میخکوبی شده در خاک‌های سست را که تحت اثر نفوذ آب‌های سطحی قرار دارند، مدل‌سازی نمودند و به این نتیجه رسیدند که اتصال انتهای میله‌ها به سطح دیوار نقش عمده‌ای در کاهش تغییر مکان دیوارهای خاک میخکوبی شده در زمینه‌ای سست دارد[۶]. چنگ و همکاران در سال ۲۰۰۸ به بررسی شیب بهینه برای سطح دیوارهای خاک میخکوبی شده پرداختند و رابطه بین شیب خاک‌ریز با شیب میله‌ها را در حالت بهینه به دست آوردند[۷].

سیواکومار و همکاران در سال ۲۰۰۸ ، مدل‌سازی عددی دیوارهای خاک میخکوبی شده را در شرایط لرزه‌ای انجام دادند، که نتایج نشان داد که تسلیم خاک به کمک میله‌های فولادی موجب عملکرد بهتر گودبرداری در هنگام زلزله می‌گردد. وان هو و

همکاران در سال ۲۰۰۸ مدل‌سازی دیوارهای خاک میخکوبی شده را به‌منظور بررسی رابطه بین نیروی بیرون کشیدگی در میله‌ها با اتساع خاک انجام دادند[۸]. لی و همکاران در سال ۲۰۰۹ اثر فشار سربار و زاویه اتساع خاک را بر مقاومت بیرون کشیدگی میله‌ها بررسی کرده و نشان دادند که مقاومت بیرون کشیدگی با افزایش زاویه اتساع خاک به‌طور عمده‌ای افزایش می‌یابد[۹]. وی و چنگ در ۲۰۱۰ روش‌های تعادل حدی و کاهش مقاومت را در مسائل مختلف مربوط به دیوارهای میخکوبی شده، مورد مقایسه قراردادند[۱۰].

۳- مدلسازی و تحلیل نیلینگ ها در نرم افزار Plaxis

پلکسیس یک برنامه اجزا محدود است که به‌طور خاصی جهت تحلیل تغییرشکل و پایداری در پروژه‌های مهندسی ژئوتکنیک توسعه‌یافته است. در حقیقت در نرم‌افزار پلکسیس امکان مدل‌سازی مسائل پیچیده ژئوتکنیک نظیر اندرکنش خاک و سازه وجود دارد.پلکسیس مجهز به امکاناتی جهت بررسی جنبه‌های مختلف سازه‌های ژئوتکنیکی پیچیده است. ورودی لایه‌های خاک، سازه‌ها، مراحل ساخت، شرایط بارگذاری و مرزی بر اساس دستورالعمل رسم ساده اتوکدکه امکان مدل‌سازی با جزئیات هندسه مقطع عرضی را فراهم می‌کند. از این هندسه مدل، مش بندی اجزاء محدود دوبعدی به‌سادگی ایجادمی‌گردد. سطوح مشترک از اجزای سطح مشترک ساخته‌شده‌اند. چگونگی اتصال اجزاء سطح مشترک به خاک را نشان می‌دهد. هنگامی‌که المان ۱۵ گره ای برای مدل‌سازی خاک استفاده می‌شود، اجزاء متناظر با ۵ جفت گره مشخص می‌شود که برای ۶ نقطه از اجزاء خاک، اجزاء سطح مشترک آن‌ها به‌وسیله ۳ جفت گره مشخص می‌شود. در انجام هر تحلیل انتخاب سیستم واحدها از اهمیت ویژه ای بر خوردار است. قبل از ایجاد هندسه مدل لازم و ضروری است که سیستم واحدهای مناسب از لیست واحدهای استاندارد انتخاب شود. واحدهای اصلی شامل واحد طول نیرو و زمان می باشد. پس از انتخاب این واحد ها بایستی توجه داشت که کلیه پارامترهای ورودی منطبق بر این سیستم انتخابی وارد شوند و همچنین نتایج خروجی نرم افزار نیز بر اساس سیستم انتخابی می باشد. در تحقیق حاضر برای طول واحد متر برای نیرو واحد کیلو نیوتن و برای زمان واحد روز در نظر گرفته شده است. واحد های انتخابی در تمامی طراحی های صورت گرفته بر اساس جدول۱ می باشد.

جدول ۱- مشخصات واحدهای استفاده شده

Type	Unit
Length	M
Force	KN
Time	Day

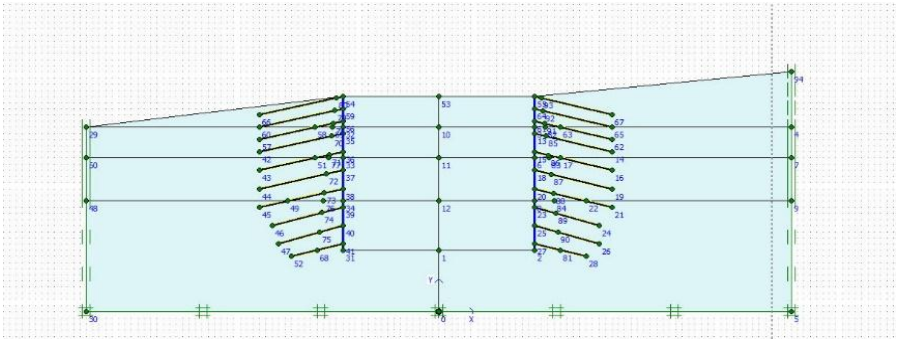
جدول۲- مدلسازی های انجام شده در نرم افزار plaxis

مدل ۱	عمق گودبرداری ۲۵ متر ، خاک ۴ لایه ، نیلینگ، زاویه شیب ۵ درجه
مدل ۲	عمق گودبرداری ۲۵ متر ، خاک ۴ لایه ، نیلینگ، زاویه شیب ۱۰ درجه
مدل ۳	عمق گودبرداری ۲۵ متر ، خاک ۴ لایه ، نیلینگ، زاویه شیب ۱۵ درجه
مدل ۴	عمق گودبرداری ۲۵ متر ، خاک ۴ لایه ، نیلینگ، زاویه شیب ۲۰ درجه

۳-۱- مدل ۱

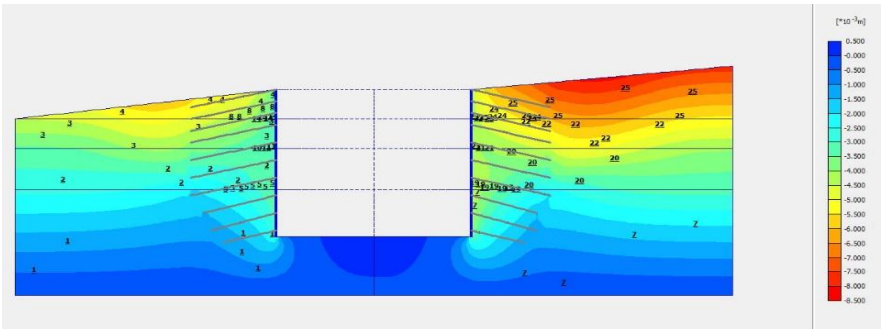
در این مدل گودبرداری به میزان ۲۵ متر انجام شده است لذا از ۷ ردیف نیلینگ به طول ۱۵ متر که در دو لایه بالایی دارای تراکم و فاصله قائم کمتری هستند استفاده شده است در حقیقت ماکزیموم تنش در نیل ها در ردیف های بالایی رخ میدهد لذا باید در این لایه ها از نیل هایی با تراکم بیشتر و فاصله کمتر استفاده نماییم و همچنین ۲ ردیف نیلینگ ۱۲ متری به فاصله های افقی ۲.۵ متری از یکدیگر و نیز از یک ردیف نیلینگ ۱۰ متری در پایین ترین قسمت گود استفاده شده است. شکل ۱ نشان دهنده هندسه مدل با زاویه خاک بالادست ۵ درجه میباشد. همانطور که در شکل۲دیده میشود نیلینگ به خوبی توانسته است تا

پایدارسازی گود را تامین نماید. آیین نامه FHWA توصیه مینماید تا از زاویه نیل ها بین ۱۰ تا ۲۰ درجه باشد لذا بر اساس توصیه این آیین نامه و مدلسازی های قبلی زاویه نیل ها در این مدل برابر ۱۵ درجه است.



شکل ۱- تراکم نیل های ۴ ردیف اول به منظور حفظ پایداری خاک در مدل ۳

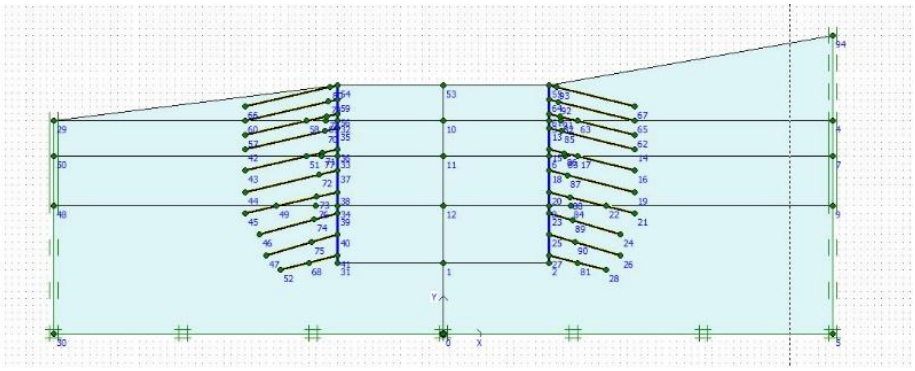
ماکزیموم میزان تغییر مکان در مدل ۱ در شکل ۲ برابر ۸.۵ میلیمتر شده است و این یک عدد بسیار عالی است و نشان دهنده توانایی بالای نیل در پایدارسازی گود می باشد.



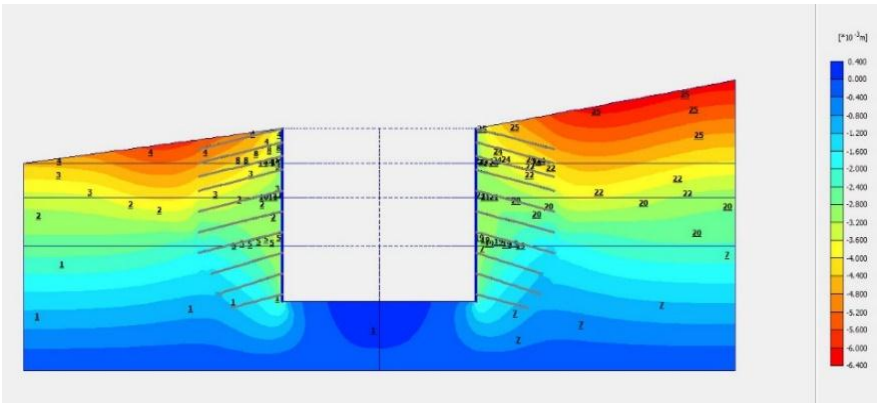
شکل ۲- توزیع تغییر مکان در توده خاک در مدل

۳-۲- مدل ۲

در این مدل مشابه با مدل ۲ گودبرداری به میزان ۲۵ متر انجام شده است . به منظور تامین پایداری گود انجام دهیم لذا از ۷ ردیف نیلینگ به طول ۱۵ متر که در دو لایه بالایی دارای تراکم و فاصله قائم کمتری هستند استفاده شده است در حقیقت ماکزیموم تنش در نیل ها در ردیف های بالایی رخ میدهد لذا باید در این لایه ها از نیل هایی با تراکم بیشتر و فاصله کمتر استفاده نماییم و همچنین ۲ ردیف نیلینگ ۱۲ متری به فاصله های افقی ۲.۵ متری از یکدیگر و نیز از یک ردیف نیلینگ ۱۰ متری در پایین ترین قسمت گود استفاده شده است. تفاوت اصلی این مدل با مدل ۱ در زاویه شیب خاک بالادست میباشد زاویه شیب خاک بالادست در این مدل دارای شیب ۱۰ درجه می باشد شکل ۳ نشانگر این موضوع است. همانطور که در شکل۴ دیده میشود نیلینگ به خوبی توانسته است تا پایدارسازی گود را تامین نماید . آیین نامه FHWA توصیه می نماید تا از زاویه نیل ها بین ۱۰ تا ۲۰ درجه باشد لذا بر اساس توصیه این آیین نامه و مدلسازی های قبلی زاویه نیل ها در این مدل برابر ۱۵ درجه است.



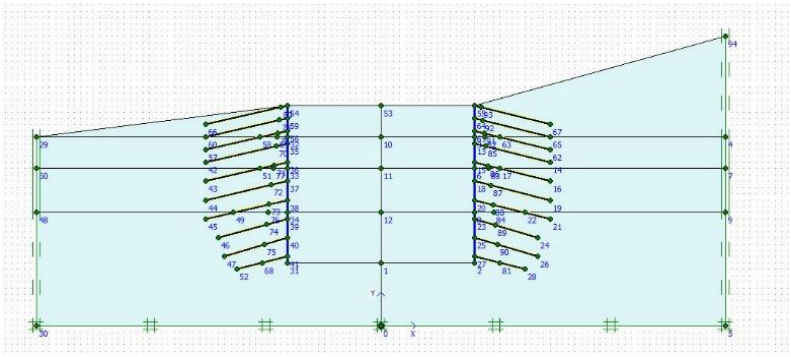
شکل ۳- تراکم نیل های ۴ ردیف اول در لایه های خاک در مدل ۶ به منظور تامین پایداری گود



شکل ۴- توزیع تغییر مکان در مدل ۶ دارای شیب بالادست ۱۰ درجه

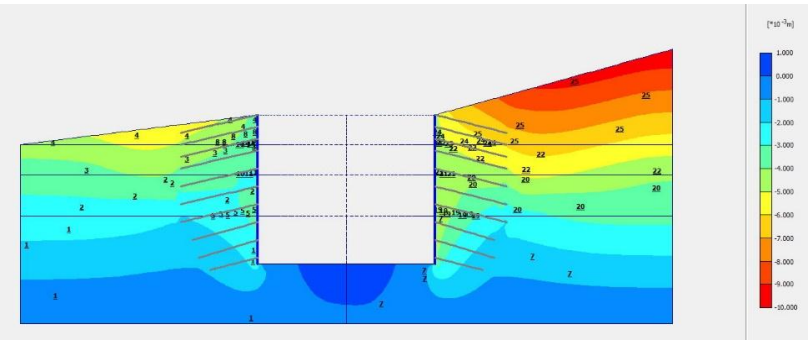
۳-۳- مدل ۳

در این مدل گودبرداری به میزان ۲۵ متر انجام شده است در این مدل از ۷ ردیف نیلینگ به طول ۱۵ متر که در دو لایه بالایی دارای تراکم و فاصله قائم کمتری هستند استفاده شده است در حقیقت ماکزیموم تنش در نیل ها در ردیف های بالایی رخ میدهد لذا باید در این لایه ها از نیل هایی با تراکم بیشتر و فاصله کمتر استفاده نماییم و همچنین ۲ ردیف نیلینگ ۱۲ متری به فاصله های افقی ۲.۵ متری از یکدیگر و نیز از یک ردیف نیلینگ ۱۰ متری در پایین ترین قسمت گود استفاده شده است. همانطور که در شکل ۵ دیده میشود تراکم نیل های ۱۵ متری در لایه اول خاک بیشتر از سایر لایه ها میباشد و این امر نشان میدهد که یکی از بهترین روش ها برای افزایش پایداری گودهای عمیق با شیب بالادست استفاده از این روش می باشد. در این مدل شیب خاک بالادست برابر ۱۵ درجه می باشد.



شکل ۵- نحوه توزیع تراکم نیل های ۴ ردیف اول در لایه های خاک مدل ۸ با شیب بالادست ۱۵ درجه

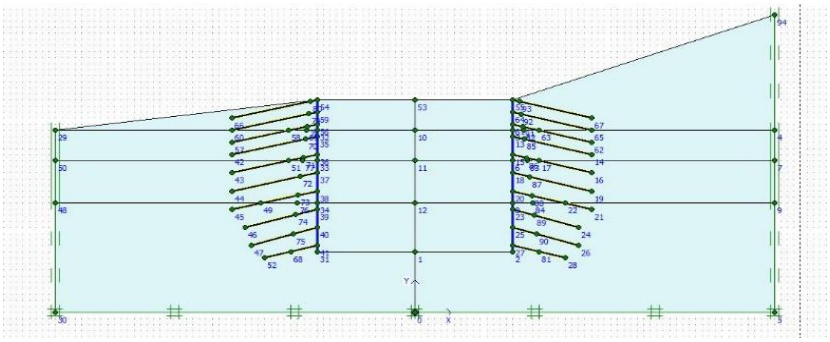
مطابق با شکل ۶ تغییر مکان های این مدل بیشتر از مدل ۸ هستند اما باز به علت استفاده از افزایش تراکم و نزدیک تر کردن نیل های ۱۵ متری در لایه اول خاک پایداری این مدل نیز به خوبی تامین شده است.



شکل ۶- نحوه توزیع تغییر مکان در خاک در مدل ۹ با شیب بالادست ۱۵ درجه

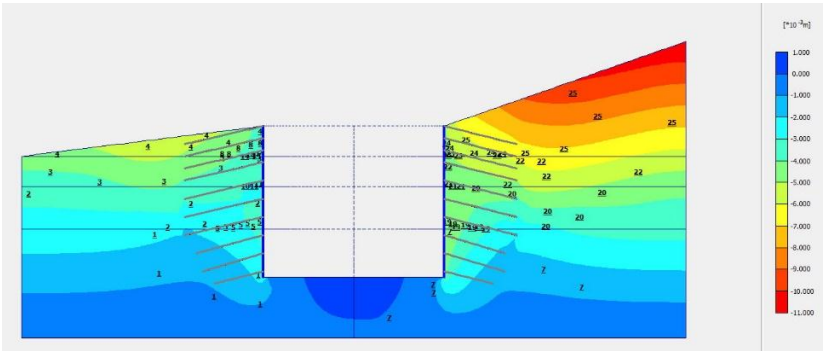
۳-۴- مدل ۴

در این مدل مشابه با مدلهای ۱و۲ و۳ گودبرداری به میزان ۲۵ متر انجام شده است . این مدل به علت شیب زیاد بالادست خود دارای بحرانی ترین وضعیت از نظر تامین پایداری میباشد و به منظور تامین پایداری گود از ۷ ردیف نیلینگ به طول ۱۵ متر که در دو لایه بالایی دارای تراکم و فاصله قائم کمتری هستند استفاده شده است در حقیقت ماکزیموم تنش در نیل ها در ردیف های بالایی رخ میدهد لذا باید در این لایه ها از نیل هایی با تراکم بیشتر و فاصله کمتر استفاده نماییم و همچنین ۲ ردیف نیلینگ ۱۲ متری به فاصله های افقی ۲.۵ متری از یکدیگر و نیز از یک ردیف نیلینگ ۱۰ متری در پایین ترین قسمت گود استفاده شده است. تفاوت اصلی این مدل با مدل های مشابه خود یعنی مدلهای ۱و۲ و۳ در شیب ۲۰ درجه ای بالادست است شکل ۷ نشانگر این موضوع است.



شکل ۷ - تراکم نیل های ۴ ردیف اول در لایه های خاک مدل ۱۲ با شیب بالادست ۲۰ درجه

همانطور که در شکل ۸ دیده می شود نیلینگ به خوبی توانسته است تا پایدارسازی گود را تامین نماید . آیین نامه FHWA توصیه مینماید تا از زاویه نیل ها بین ۱۰ تا ۲۰ درجه باشد لذا بر اساس توصیه این آیین نامه و مدلسازی های قبلی زاویه نیل ها در این مدل برابر ۱۵ درجه است در حقیقت تراکم در نیل های ۱۵ متری منجر به پایداری این توده خاک گردیده است.



شکل ۸- نحوه توزیع تغییر مکان ها در مدل ۱۲ با شیب بالادست ۲۰ درجه

۴- نتیجه‌گیری

۱- طبق توصیه آیین نامه FHWA باید زاویه نیل ها بین ۱۰ تا ۲۰ درجه باشند اما در این پژوهش با مدلسازی های انجام شده در نرم افزار Abaqus و Plaxis به این نتیجه رسیدیم که زاویه بینابینی (زاویه ۱۵ درجه نسبت به افق) زاویه ای بهینه میباشد که میتواند پایداری گود با شیب های ۵ و۱۰ و ۱۵ و ۲۰ درجه را به سادگی و با اطمینان بالایی تامین نماید.

۲- افزایش تراکم نیل های نسبت به افزایش قطر نیل ها تاثیر بسیار بیشتری بر روی پایدارسازی گود مخصوصا گودهای عمیق دارد زیرا هر نیل بر اساس اندرکنشی که بین خود نیل و دوغاب و خاک اطراف دارد میتواند تا حد زیادی محدوده اطراف خود را به صورت یک ناحیه تقریبا بدون حرکت در آورد اما هنگامی که قطر نیل افزایش یابد (حتی دو برابر گردد) تاثیر چندانی در نتایج حاصل نمیگردد به همین علت در مدل های ۱۲ و۹ و ۶ در نرم افزار پلکسیس افزایش تراکم در نیل را به جای افزایش قطر نیل ها انتخاب نموده ایم.

۳- هرچه طول نیل بزرگ‌تر باشد میزان نیروی محوری ماکزیمم بیشتری را تحمل مینماید به همین علت در پایداری گود های عمیق در ردیف های اول از ۴ ردیف نیل ۱۵ متری استفاده گردیده است.

۴- نیروی محوری ماکزیمم در میخ‌خاک های بالایی در فاصله کمتری از سر نیل ایجاد می‌شود و در میخ‌خاک های ردیف‌های پایینی در نسبی بالاتری از سر نیل ایجاد می‌شود.

۵- میزان افزایش در ضریب ایمنی به دلیل تراکم نیل ها در گودهای عمیق بیش‌تر است و با افزایش عمق گودبرداری تأثیر نیل های ردیف آخر کم‌تر می‌شود.میزان افزایش در ضریب ایمنی به دلیل تراکم نیل ها در گودهای عمیق بیش‌تر است و با افزایش عمق گودبرداری تأثیر نیل های ردیف آخر کم‌تر می‌شود.

۵- مراجع

۱- اژدری شبستری، ا ،" دیوارهای میخ‌کوبی شده،" انتشارات جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.۱۳۹۰

2. Yang, Y.Yin, J.H., Yuan, J.X., and Schulyer, J.N.,''An expert system for selection of retaining walls and groundwater controls in deep excavation,''J. Computers and Geotechnics, Vol. 30, PP. 707-719, (2014).
3. Juran,I."Reinforced soil systems application in retaining structures." Geotechnical Engineering, Vol.16.pp. 39-82. (1985)
4. Luo.S.Q.,Ho,C.E,TAN,S.A.and Yong,K. Y."Stabilization of Basement Excavation With Soil Nail and Ground Anchors". 2nd International Conference. Singapor, PP. 327-336. (1998)
5. Luo.S.Q.,Ho,C.E,TAN,S.A.and Yong,K. Y."Stabilization of Basement Excavation With Soil Nail and Ground Anchors". 2nd International Conference. Singapor, PP. 327-336. (1998)
6. Chia-Cheng Fan, Jiun-Hung Luo.Numerical study on the optimum layout of soil-nailed slopes.Computers and Geotechnics. Volume 35,Issue4,Pages 585-599, (2014) .
7. Pieter A.Vermeer, Ankana Punlor, Nico Ruse."Arching effect behind a soildier pile wall".Computers and Geotechnics Volume 28.pp 379-396. (2001)
8. Mingjing Jiang, Zhifu Shen, Fangyuam Zhu." Numerical analyses of braced excavation in granular grounds:continuum and discrete element approaches" Granular Matter15. pp195-208.(2013)
9. US .department of transportation, Federal Highway Administration, Geotechnical Engineering Circular No.4, Ground Anchors and Anchor Systems. (1999)
10. Yoo,C.,and Lee,D.,''Deep excavation-induced ground surface movement characteristics-A numerical investication,'' J. Computers and Geotechnics, Vol.35, PP. 231-252, (2008).
11. Cording Ej,O'Rouke ,Son M." Excavation, ground movements and their influence on buildings,protection of structures adjacent to braced excavation." J.Geotech.Geoenviron.Eng Volume 131, Issue 2.pp162-177 (2005)
12. Kirsten, H A D Can , "Limiting equilibrium, closed-form elastic, and numerical plastic analyses of stability of earth wall reinforced with grouted rebar nails and cable anchors".International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics ,Volume 30, Issue 1, Pages 289–298 , (1993)

13. Dang Cheng,ZHENG Ying-ren,CHEN Xin-ying,TANG Xiao-song, ”Research on composite support pattern of soil nails and prestressed anchors in deep foundation pits”.Logistical Engineering University,Chongqing 400041,China;(2009)

14. Guo Yuan-cheng, WANG Li-ming, ZHENG Xiu,”The calculation model of the combined support struture of soil-nailing and pile-anchor”.School of Civil Engineering of Zhengzhou University,Zhengzhou 450002, China,(2003)

15. Plaxis, B., Plaxis 2D–version 8 manual. 2012, balkema publisher, rotterdam